

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07090482

PUBLICATION DATE : 04-04-95

APPLICATION DATE : 21-09-93

APPLICATION NUMBER : 05234762

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : KATO TOSHIYUKI;

INT.CL. : C22C 38/00 C21D 8/02 C21D 9/46 C22C 38/14

TITLE : THIN STEEL SHEET EXCELLENT IN IMPACT RESISTANCE AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PURPOSE: To produce a thin steel sheet having a damping ratio more excellent than that of the conventional high tensile strength steel and excellent in impact resistance, particularly useful for the lightening of an automotive body as an automotive steel sheet.

CONSTITUTION: This steel is the one whose components are regulated in such a manner that, mainly, by weight, 0.010 to 0.10% C and 0.50 to 3.00% Mn are contained, and the relationship between C, Ti and Nb satisfies  $0.1 \leq (2\text{Nb} + \text{Ti}) / \text{C} \leq 0.5$ , and whose structure is formed of two phases of 10 to 50vol% martensite and ferrite. Then, this steel is produced by subjecting the cold rolled steel to finish annealing at 780 to 900°C and thereafter executing cooling at 15 to 50°C/sec cooling rate to 500°C and moreover at 5 to 35°C/sec cooling rate to 300°C.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-90482

(43) 公開日 平成7年(1995)4月4日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 2 2 C 38/00

3 0 1 A

C 2 1 D 8/02

A 7217-4K

9/46

F

C 2 2 C 38/14

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-234762

(22) 出願日 平成5年(1993)9月21日

(71) 出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 三浦 和哉

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72) 発明者 比良 隆明

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(72) 発明者 加藤 俊之

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

(74) 代理人 弁理士 小川 順三 (外1名)

(54) 【発明の名称】 耐衝撃性に優れた薄鋼板およびその製造方法

(57) 【要約】

【構成】 主として、C:0.010~0.10wt%、Mn:0.50~3.00wt%を含有し、CとTiならびにNbとの関係が、

$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5$

の関係を満たすように成分直接された鋼であって、組織が、10~50 vol%のマルテンサイトとフェライトとの2相組織である。そして、この鋼を、冷延鋼の仕上焼鈍を780~900℃の温度で行い、その後500℃までは15℃/sec以上50℃/sec以下で、そしてまた、300℃までは5~35℃/secの冷却速度にて冷却する処理を行うことによって製造する。

【効果】 従来の高張力鋼に比較して優れた静動比を有する薄鋼板を得ることができ、とくに自動車用鋼板として車体の軽量化に役立つ。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 C : 0.010 ~ 0.10wt%、 Si : 0.2 wt%以下、

Mn : 0.50 ~ 3.00wt%、 P : 0.01 ~ 0.15wt%、

S : 0.01 wt %以下を含み、そして

Ti : 0.03wt%以下およびNb : 0.03wt%以下を、このTiとNbおよび前記Cとの関係が、次式：

$$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5$$

の関係を満たすように含有し、残部はFeおよび不可避的不純物からなり、かつフェライトと体積比で10~50%のマルテンサイトとの2相組織を有する耐衝撃性に優れた薄鋼板。

【請求項2】 C : 0.010 ~ 0.10wt%、 Si : 0.2 wt%以下、

Mn : 0.50 ~ 3.00wt%、 P : 0.01 ~ 0.15wt%、

S : 0.01 wt %以下を含み、そして

Ti : 0.03wt%以下およびNb : 0.03wt%以下を、このTiとNbおよび前記Cとの関係が、次式：

$$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5$$

の関係を満たすように含有し、残部はFeおよび不可避的不純物からなり、かつフェライトと体積比で10~50%のマルテンサイトとの2相組織を有する成分組成を有する鋼材を熱間、冷間で圧延し、その冷間圧延後の仕上焼鈍を、780 ~ 900 °Cの温度で行い、その冷却過程において500℃までの冷却を15℃/sec以上50℃/sec以下で行い、さらに500℃ ~ 300℃までの冷却を5℃/sec ~ 35℃/secの冷却速度で行うことを特徴とする耐衝撃性に優れた薄鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、主として自動車用部品として、プレス成形等の加工が施されて用いられる薄鋼板に関し、とくに自動車が走行中に万一衝突した場合の特性、即ち耐衝撃性が求められる部位の素材として好適に用いられる薄鋼板に関する提案である。最近、地球環境保全の機運が高まってきたことから、自動車からのCO<sub>2</sub>排出量の低減が求められている。そのために、自動車車体の軽量化が図られており、それはまた、鋼板の高強度化によって板厚を低減させることを意味することから、素材としてはプレス成形性と強度の両方に優れたものが求められている。さらに、自動車車体の設計思想に若目すると、鋼板の単なる高強度化のみでなく、より大切なことは走行中に万一衝突した場合の耐衝撃性に優れた鋼板、すなわち高歪速度で変形した場合の変形抵抗の大きくしきも薄鋼板の開発が必要であり、これを実現してこそ自動車の安全性の向上を伴った車体の軽量化が図られ、より望ましい自動車用鋼板を提供することができ

## 【0002】

【従来の技術】 従来、自動車用鋼板の材質強化の方法

は、フェライト単相組織鋼では主としてSi、Mn、Pといった置換型元素添加による固溶強化、あるいはフェライト相中にマルテンサイト相、ベイナイト相あるいはオーステナイト相を析出させて組織強化した方法が一般的である。例えば、特開昭56-139654号公報等に記載されているように、加工性、時効性を改善するために極低炭素鋼にTi、Nbを含有させ、さらに加工性を害しない範囲でP等の強化成分を含有させて高強度化を図った鋼板が数多く提案されている。この他にも、例えば特開昭59-193221号公報には、Si添加によってさらに高強度化を図る方法、さらに特開昭60-52528号公報には低炭素鋼を高温で焼鈍し、冷却後にマルテンサイト相を析出させて延性に優れた高強度鋼を製造するという提案もなされている。

【0003】 たしかに、このような方法での鋼板の高強度化によって、自動車ボディーの板厚減少はある程度可能となった。しかしながら、これらの提案は、鋼板強度の指標である降伏強度あるいは引張強度を、歪速度が $10^{-3} \sim 10^{-2} (s^{-1})$ と極めて遅い静的な評価方法に基づいて判断している。しかしながら、実際の自動車ボディーの設計では、このような“静的”な強度よりも、衝突時の安全性を考慮した、歪速度 $10 \sim 10^4 (s^{-1})$ での衝撃的な変形を伴う“動的”な強度の方がより重要になるため、従来のかような提案では、自動車車体の軽量化に対しては真に有効な手段を提供するものとは言えない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 というのは、従来、上述した静的な強度と動的な強度とは、同じ傾向をもつものとして一義的に取り扱っており、主として静的な強度のみを基準にして判断していた。ところが、発明者らの研究によると、動的な強度は、必ずしも静的な強度に対応しておらず、従って、各種改良素材の静的強度の改良がそのまま動的強度の向上にはつながらないということが判った。そして、この傾向は、とくに高張力鋼板について著しいものがあつた。

【0005】 図1は、変形速度と強度との関係に及ぼす軟鋼と高張力鋼との影響を示すものである。この図に明らかなように、軟鋼板における変形速度 $10^{-3} \sim 10^{-2} (s^{-1})$ の静的強度と、 $10 \sim 10^4 (s^{-1})$ の動的強度は軟鋼板の静的強度ほどには高い値を示さないことが判る。このことは、自動車用高張力鋼板の板厚を静的強度値に基づいて薄肉化した場合には、動的強度、即ち、耐衝撃強度の方は不足するという結果になることを意味している。そして、このことはまた、静的強度値だけを基準にして高張力鋼板の薄肉化を図ってきた従来の考え方は見直さなければならないことを示唆している。本発明の目的は、上述した従来技術が抱えている問題点を克服することにより、とくに高張力鋼板における静的強度値に対する動的強度の値が、軟鋼板のそれと同等以上に高い耐衝撃性に優れた薄鋼板を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述した課題に対してその解決を目指して鋭意研究した結果、軟鋼のように低歪速度下における強度のみならず、高歪速度下における強度、即ち、耐衝撃強度にも優れた高張力鋼板とするには、単に静的強度だけが低い値を示すものでは不十分であることが判った。このことはまた、単に高歪速度下における強度、即ち動的強度だけが低い値を示すものを開発すること（不経済である）で足りることを意味しておらず、いわゆる、静的強度と動的強度とがうまく釣り合っていることが必要であるということが判った。すなわち、プレス成形性に優れたかつ高歪速度下での耐衝撃強度にも優れた鋼板は、静動比＝（歪速度  $10^3 (s^{-1})$  の降伏応力）／（歪速度  $10^{-2} (s^{-1})$  の降伏応力）で定義される、静動比が1.6以上の高張力鋼板であれば、自動車用部品として用いられた場合に、高歪速度下でも軟鋼板と同等以上の高い強度の歪速度依存性が得られるので、自動車車体の安全性向上を軽量化の実現にあわせて達成することができることが判った。

【0007】このような知見に基づき発明者らはさらに、上記静動比におよぼす化学組成と製造条件の影響を詳細に検討し、以下に述べるような要旨構成からなる自動車用鋼板を開発した。すなわち、本発明は、C：0.010～0.10wt%、Si：0.2wt%以下、Mn：0.50～3.00wt%、P：0.01～0.15wt%、S：0.01wt%以下を含み、そしてTi：0.03wt%以下およびNb：0.03wt%以下を、このTiとNbおよび前記Cとの関係が、次式；

$$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5$$

の関係を満たすように含有し、残部はFeおよび不可避的不純物からなり、かつフェライトと体積比で10～50%のマルテンサイトとの2相組織を有する耐衝撃性に優れた薄鋼板である。

【0008】そして、上記薄鋼板は、C：0.010～0.10wt%、Si：0.2wt%以下、Mn：0.50～3.00wt%、P：0.01～0.15wt%、S：0.01wt%以下を含み、そしてTi：0.03wt%以下およびNb：0.03wt%以下を、このTiとNbおよび前記Cとの関係が、次式；

$$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5$$

の関係を満たすように含有し、残部はFeおよび不可避的不純物からなり、かつフェライトと体積比で10～50%のマルテンサイトとの2相組織を有する成分組成を有する鋼材を熱間、冷間で圧延し、その冷間圧延後の仕上焼鈍を、780～900℃の温度で行い、その冷却過程において500℃までの冷却を15℃/sec以上50℃/sec以下で行い、さらに500℃～300℃までの冷却を5℃/sec～35℃/secの冷却速度で行うことを特徴とする耐衝撃性に優れた薄鋼板の製造方法によって得ることができる。

【0009】

【作用】発明者らは、薄鋼板の静動比を向上させるべく、まず、静的な強度を向上させる目的で、TiおよびNb

を微量に含有させたMn含有低炭素鋼をベースに、静動比に及ぼす冶金学的要因の影響、とくに化学組成と熱処理条件とについて検討を重ねた。その結果、鋼中のCとTiおよびNbの各成分のバランスを適正化すること、および焼鈍時の冷却条件を制御することが該静動比の向上に極めて有効であることを知見した。これらの操作によって静動比が向上する理由については、必ずしも明らかになった訳ではないが、少なくとも高強度鋼板における上記の静動比を、軟鋼板の静動比：1.6以上を示すようにするには、上記成分組成の適正化、とりわけCとTiおよびNbの添加、即ち、マルテンサイト組織強化鋼において、Cに対してTiとNbを微量添加することによって、熱延中あるいは焼鈍中の組織（炭化物）の粗大化を阻止することが有効に作用するものと考えられる。また、TiとNbを制御することは、静動比に有害な変形中の非熱活性的な応力場の減衰を導く上で有効である。

【0010】このために、本発明は、TiとNbとCの関係式として、

$$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5 \quad \cdots (1)$$

を提案し、そしてまた、マルテンサイト相が10～50%占める鋼組織にすることを提案する。

【0011】本発明を構成する各成分元素とその含有量は、静動比や機械的諸性質向上のために、次のような理由によって限定される。

C：0.010～0.10wt%

Cは、プレス成形性の指標である伸び、 $r$ 値の向上の観点からできるだけ少ない方が望ましいが、0.010%よりも少ないと、マルテンサイト相の析出が少なくなって十分な強度を確保できない。即ち、いかに静動比が高くても絶対的な強度が強度が不足する場合は軽量化の効果を期待することができない。また、耐二次加工脆性の劣化や溶接部の強度低下をもたらす好ましくない。一方、このCの含有量が0.10wt%を超えると、かえって静動比の低減を招く傾向が強くなり、また、Cを安定化させるために過剰なTi、Nbの添加が必要となり経済的にも好ましくないし、スポット溶接性も劣化する。したがって、C含有量は、0.010～0.10wt%の範囲に限定した。

【0012】Si：0.2wt%以下

Siは、基本的には必要に応じて目標とする強度レベルを得るために添加すればよいが、0.2wt%を超えて含有させた場合には、静動比が劣化する。したがって、Si含有量を0.2wt%以下とした。

【0013】Mn：0.50～3.00wt%

Mnは、0.50wt%よりも少ないと、マルテンサイト相の析出が少なくなって十分な強度が得られない。一方、3.00wt%を超えて多量に含有すると、静動比とスポット溶接性が劣化する。従って、Mn含有量は0.50～3.00wt%の範囲内に限定した。

【0014】P：0.01～0.15wt%

Pは、0.01wt%よりも少ないとマルテンサイト相の析出

が少なくなつて十分な強度が得られず、一方0.15wt%を超えて含有させた場合には、静動比とスポット溶接性が劣化することに加えて表面処理特性も顕著に劣化する。したがって、P含有量は0.01~0.15wt%の範囲内に限定した。

【0015】S:0.01wt%以下

Sは、少ないほど、鋼中の析出物が減少して加工性の向上の寄与する他、Cを固定するためのTi量の増加をもたらすので好ましい。このような効果は、S量を0.01wt%以下とすることで得られる。

【0016】Ti:0.03wt%以下

Tiは、r値向上に不可欠な元素であり、しかも静動比の向上に必要な成分である。この量は0.015%以上含有させるとr値および静動比の効果が顕れるが、0.03wt%を超えて含有させてもその効果が飽和することに加えて、表面性状の劣化を招く。従つて、Ti含有量は0.03wt%以下の範囲に限定した。

【0017】Nb:0.03wt%以下

Nbは、r値向上に不可欠な元素であり、しかも静動比の向上に必要な成分である。その上、鋼板組織の均一化と微細化にも有効である。ただし、このNbは、0.03wt%を超えて含有させてもその効果が飽和するので、Nb含有量は0.03wt%以下に限定した。なお、このNbは、単独で添加するよりもTiと共に複合添加し、さらにCとの関連の下で添加した場合の方が、その特性向上の効果は大きい。

【0018】本発明にかかる薄鋼板は、基本的に上述のような化学成分と組成よりなるものであるが、本発明はさらに、Ti、NbおよびCを、これらの関係が下記式を満足するような割合で含有させることが必要である。すなわち、この式は、上述した成分組成よりなる高強度鋼板について、この鋼板の静動比を1.6以上のものにするのに必要な条件の1つを規定したものである。

$$0.1 \leq (2Nb + Ti) / C \leq 0.5$$

なお、この式は、TiおよびNbを、C量に対して微量添加することによって、静動比を1.6以上とすることができる条件を規定しており、この値が0.1未満および0.5を超えると、いずれも静動比の低下とともにマルテンサイト相の析出が少なくなつて強度が不足する。

【0019】また、本発明にかかる薄鋼板は、フェライト相に対して10~50%のマルテンサイト相が共存するように制御された組織を有する。体積比で10%以上のマルテンサイト相の析出を限定する理由は、それ未満では十分な強度と静動比が得られないからである。一方、体積比で50%以下のマルテンサイト相の析出を限定する理由は、それを超えると鋼板が硬質化して良好なプレス成形性が得られないからである。

【0020】次に、本発明鋼板の特徴について説明する。本発明の薄鋼板は、上述した成分組成の鋼素材を溶製、鋳造して得た鋼片について、常法に従つて熱間圧延

あるいは冷間圧延を行う。即ち、鋼材はまず1200℃に加熱し、フェライト相が析出する温度以上、好ましくは約850℃以上で終了する熱間圧延を施した後、650℃以上の温度で巻取りを行い、引続き冷間圧延を施してから、本発明において特徴的な仕上焼鈍を経て製品薄鋼板とする。

【0021】上記の冷間圧延後の処理は、冷間圧延後に780℃以上900℃の温度で仕上焼鈍をした後、冷却過程において500℃までの冷却を15℃/sec以上50℃/sec以下の冷却速度で行い、さらに500℃から300℃までの冷却を5℃/sec以上35℃/sec以下の冷却速度で行う処理である。上記の処理において、冷間圧延後仕上焼鈍を780℃以上で行う理由は、それ未満では十分な強度と静動比が得られないからである。一方、この焼鈍を900℃以下の温度で行う理由は、それを超えると結晶粒が粗大化して強度が低下するからである。また、500℃までの冷却を15℃/sec以上50℃/sec以下の範囲で行う理由は、15℃/sec未満ではマルテンサイト相が析出して静動比が低下し、50℃/secを超えるとフェライト相中の炭化物が微細化して、静動比が低下するからである。そして、500℃からの冷却を5℃/sec以上35℃/sec以下の速度で行うのは、5℃/sec未満ではマルテンサイト相の析出が減少して強度と静動比が低下し、35℃/secを超えるとフェライト相中の炭化物が微細化して、静動比が低下するので、500℃からの冷却は5℃/sec以上35℃/sec以下の速度に限定した。

【0022】なお、本発明が対象としているものは、主として冷延鋼板であるが、これのみならず表面処理鋼板に対しても同じように、静動比向上の効果を付与できる。また、本発明鋼は、自動車用鋼板を対象としているが、同様に高歪速度下での強度を要求される用途にも有効であることはいうまでもない。

【0023】

【実施例】表1に示すような種々の成分組成の鋼を転炉にて溶製し、連続鋳造して鋼片を得た。その鋼片を1200℃に加熱したのち熱間圧延して3mmtの熱延鋼板を得た。さらにこれらの熱延鋼板を冷間圧延して0.7mmtの冷延鋼板を製造した。その後、この冷延鋼板を表1に示す焼鈍温度にて焼鈍すると共に、同表に示す冷却速度にて冷却した。そして、このようにして得られた鋼板について、引張試験により歪速度 $10^{-3}$ と $10^2$  (S $^{-1}$ )での降伏強度(YS) MPaを測定して静動比を求めるとともに、マルテンサイト量を求めた。それらの測定値を表1にまとめて示す。表1に示す結果から明らかなように、本発明に適合する鋼(No.1~4)は、 $10^2$  (S $^{-1}$ ) および $10^{-3}$  (S $^{-1}$ )ともに高い値を示すと共に、優れた静動比を示す薄鋼板であることがわかった。

【0024】しかし、たとえばCに対するNb、Tiの量が不適当(No.5, 6)であれば、静動比が悪く、また仕上焼鈍後の冷却速度が不適当(No.7~10)、焼鈍温度が不適

当(No. 12)では、いずれも静動比が低い。また、C、S、i、Mn、P、Sの各含有量が本発明範囲を外れる比較例も同じ傾向を示し、また、C、MnおよびPが低い組成のものではいずれも降伏強度が低い結果となった。このこと\*

\*とから、本発明例の方が明らかに優れた静動比と強度を有する様子が窺える。

【0025】

【表1】

No	成分組成 (wt%)						(2Nb+Ti)/C	焼成温度 (°C)	500℃までの冷却速度 (°C/sec)	300℃までの冷却速度 (°C/sec)	焼成後の面割れ (96)	0.001(1/S)でのYS (MPa)	100(1/S)でのYS (MPa)	静動比	区別
	C	Si	Mn	P	S	Ti	Nb								
1	0.078	0.06	0.48	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	800	34	24	352	810	2.3	発明例
2	0.066	0.06	0.48	0.086	0.001	0.018	—	0.273	800	34	24	342	821	2.4	"
3	0.072	0.06	0.48	0.086	0.001	—	0.009	0.250	800	34	24	333	699	2.1	"
4	0.084	0.06	0.48	0.086	0.001	0.006	0.003	0.143	820	34	24	365	876	2.4	"
5	0.081	0.06	0.48	0.086	0.001	0.004	0.001	0.074	830	34	24	367	440	1.2	比較例
6	0.072	0.06	0.48	0.086	0.001	0.019	0.016	0.708	800	34	24	325	423	1.3	"
7	0.078	0.06	0.48	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	800	67	24	354	425	1.2	"
8	0.078	0.06	0.48	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	850	12	24	214	278	1.3	"
9	0.078	0.06	0.48	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	800	34	45	364	400	1.1	"
10	0.178	0.05	0.48	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	820	31	4	248	298	1.2	"
11	0.007	0.06	0.48	0.086	0.001	0.001	0.001	0.429	890	34	24	214	364	1.7	"
12	0.160	0.05	0.48	0.086	0.001	0.024	0.009	0.263	770	34	24	457	777	1.7	"
13	0.078	0.40	0.48	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	800	34	24	314	345	1.1	"
14	0.078	0.06	0.32	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	810	34	24	222	377	1.7	"
15	0.078	0.06	1.54	0.086	0.001	0.012	0.004	0.256	810	34	24	455	819	1.8	"
16	0.078	0.06	0.48	0.005	0.001	0.012	0.004	0.256	800	34	24	287	468	1.7	"
17	0.078	0.06	0.48	0.240	0.001	0.012	0.004	0.256	800	34	24	388	660	1.7	"
18	0.078	0.06	0.48	0.086	0.032	0.012	0.004	0.256	800	34	24	325	390	1.2	"

Nb含有低炭素鋼のTi, NbおよびCの組成を適正化すること、および冷延後の熱処理を制御することによって、従来よりも格段に静動比に優れる高張力薄鋼板を製造することができ、これらを自動車用鋼板に利用することによって、自動車車体の軽量化と安全性の向上を図ることが

できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】変形速度と強度との関係に及ぼす軟鋼と高張力鋼との影響を示す説明図。

【図1】

